

В результате проведенных исследований были рассчитаны кинетические параметры (энергия активации и предэкспоненциальный множитель) процессов конверсии топлив. Полученные величины сведены в таблицу.

Таблица

Полученные кинетические характеристики

Газовая среда	Объемная модель		Модель сжимающегося ядра	
	E_a (кДж/моль)	k_0 (1/с)	E_a (кДж/моль)	k_0 (1/с)
Воздух	128	$1,9 \cdot 10^6$	135	$5,2 \cdot 10^6$
Аргон	35	$2,6 \cdot 10^5$	47	$2,1 \cdot 10^6$

Конверсия коксового остатка кузнецкого угля в окислительной среде имеет значительно большие значения энергии активации, при этом следует отметить, что и масса реагирующего вещества значительно выше, порядка 90 % относительно 30 % в инертной атмосфере. Конверсия кузнецкого угля в области низких температур развивается по закону объемного реагирования, с ростом же температуры происходит переход к модели сжимающегося ядра.

Список использованных источников

1. Применение каменного угля [Электронный ресурс] URL: http://www.librero.ru/mythology/primenenie_kamennogo_ugla.
2. Каменный уголь. Применение [Электронный ресурс] URL: <http://fb.ru/article/280920/kamennyiy-ugol-primenenie-i-mnogoobrazie>.
3. Gomez A. et al. A comprehensive experimental procedure for CO₂ coal gasification: Is there really a maximum reaction rate // Applied Energy. 2010. No. 124. pp. 73-81.
4. Miura K., Silveston P. L. Analysis of Gas-Solid Reactions by Use of a Temperature Programmed Reaction Technique // Energy & Fuels. 1989. Vol. 3. pp. 243-249.
5. Ishida M., Wen C. Y. Comparison of Kinetic and Diffusional Models for Solid-Gas Reactions // AIChE J. 1968. Vol. 14. Pp. 311-317.

УДК-621.746.584

Т. А. Диалло, М. Д. Казяев

ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет

имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург, Россия

ИЗМЕНЕНИЕ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ КОНВЕЙЕРНОЙ ПЕЧИ ДЛЯ НАГРЕВА АЛЮМИНИЕВЫХ СЛЯБОВ

Аннотация

Применение электрической энергии для отопления конвейерной печи при нагреве массивных алюминиевых слэбов очень энергозатратно, поэтому предлагается установить скоростные горелки и изменить газодинамику рабочего пространства печи при отоплении её природным газом.

Расположение двух скоростных горелок по зонам в шахматном порядке и внес продуктов сгорания с высокой скоростью в рабочее пространство позволяют образовать большую циркуляцию газов, которая в свою очередь обеспечивает равномерно нагреть алюминиевые слябы. Такой вариант нагрева слябов качественно выполняет технологию с уменьшением затрат на стоимость отопления конвейерной печи.

Для осуществления подогрева первичного и вторичного воздуха для сжигания газа используется отдельно стоящий рекуператор. Все расчеты производятся при неизменной производительности печи.

В данной статье представлены результаты расчетов теплового баланса и основных показателей электрической и газовой печи.

Ключевые слова: электрическая конвейерная печь, алюминиевые слябы, скоростные горелки, первичный и вторичный воздух, тепловой баланс и основные показатели.

Abstract

The use of electrical energy for heating a conveyor furnace when heating massive aluminum slabs is very energy-consuming, that's why it is proposed to apply high-speed burners for getting this purpose and change the gas dynamics of the working space of the furnace when heating it with natural gas.

The emplacement of two high-speed burners along the zones in staggered order and introduced combustion products with high speed into the working space allow the formation of a large circulation of gases, which in turn ensures uniform heating of the aluminum slabs. Such an option for heating slabs qualitatively fulfills the technology with a reduction in the cost of heating the conveyor furnace.

A separate recuperator is used to heat the primary and secondary air for gas combustion. All calculations are carried out with a constant output of the furnace.

This article presents the results of calculations of the heat balance and the main indicators of the electric and gas furnace.

Key words: electric conveyor furnace, aluminum slabs, high-speed burners, primary and secondary air, heat balance and basic indicators.

1 Конструкция и тепловая работа электрической конвейерной печи

Печь струйного нагрева алюминиевых слябов, конвейерная. Слябы загружают на конвейер цепного типа, приводная часть которого размещена за пределами печи. Конвейер состоит из 6 цепей, слябы загружают на конвейер с промежутками.

Нагрев слябов осуществляется горячим воздухом, нагреваемым в электрических калориферах, расположенных под сводом печи. Через калориферы, воздух проходит за счет действия вентиляторов, расположенных в боковой стене печи. Вентилятор центробежного типа, вращение производится электрическим двигателем, установленным на специальной площадке за пределами печи. Вентилятор смонтирован на одной оси с подшипником. На конце оси подшипника закреплен шкив. На оси электродвигателя также закреплен шкив. Оба шкива соединены клиноременной передачей.

Горячий воздух из калорифера поступает в вентилятор и нагнетается вентилятором в специальный короб, расположенный над слябами. Нижняя часть короба имеет отверстия, через которые струи горячего воздуха подаются на поверхность слябов. Струи обтекают верхние поверхности, нагревают их конвективным способом и дальше поток воздуха попадает под нижнюю поверхность сляба. Из-под слябов воздух возвращается в виде потока через специальное окно между коробом и стенкой печи в верхнюю часть печи с уже пониженной температурой и снова проходит через электрические калориферы, нагревается и вентилятором обратно

нагнетается в короб. Таким образом осуществляется непрерывная циркуляция воздуха. По длине печь разбита на 8 зон, в каждой из которых установлено под два электрических калорифера и один вентилятор. Стены и свод печи выполнены из металлических листов, между которыми находится теплоизоляция. Под печи, на котором расположено основание конвейера, выполнен из огнеупорных кирпичей. Вся печь и под опираются на металлические конструкции и под подом проходит возвратная часть цепей конвейера. Теплоизоляция рабочего пространства выполнена из минеральной ваты, а под печи – из шамота [1]. Конструкция печи приведена на рисунке 1.

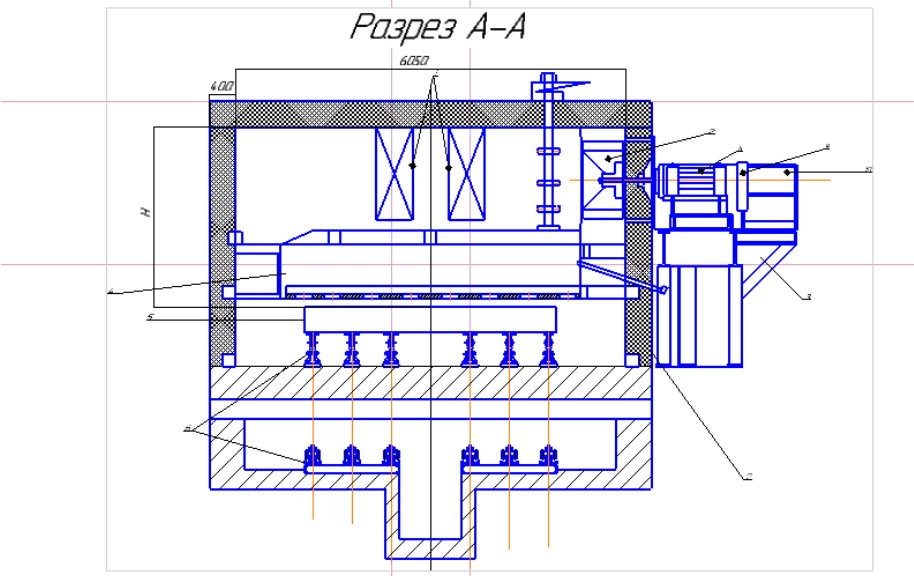


Рис. 1. Поперечный разрез печи:

- 1 – электрокалориферы; 2 – вентилятор; 3 – площадка; 4 – короб; 5 – сляб;
6 – конвейер; 7 – минеральная вата; 8 – подшипник; 9 – проводной шкив;
10 – электродвигатель

Тепловая работа печи характеризуется структурой теплового баланса, который показан в таблице 1.

Таблица 1

Тепловой баланс существующей электрической печи

Приход теплоты			Расход теплоты			
	кВт	%	№	Статьи	кВт	%
			1	Затраты на нагрев слябов (ΔQ_M)	2555	70,97
			2	Потери с конвейером печи ($\Delta Q_{\text{конв}}$)	783,824	21,77
			3	Потери в окружающую среду теплопроводностью через футеровку печи и излучением(Q_5)	260,144	7,23
			4	Потери с утечками из печи (Q_{2B})	1,032	0,03
$Q_{\text{Прих}}$	3600	100	$Q_{\text{Расх}}$		3600	100

Основные показатели тепловой работы печи приведены в таблице 2.

Таблица 2

Показатели тепловой работы электрической печи

Производительность, т/ч	18
Расход электроэнергии для отопления печи, кВт	3600
Общий расход электроэнергии, кВт	4040
Удельный расход электрической энергии, кг э/т	24,573
Общий удельный расход электрической энергии, кг э./т	27,577
Коэффициент полезного действия (КПД), %	70,97

2 Конструкция и тепловая работа газовой печи [1, 2]

Сжигание природного газа для отопления конвейерной проходной печи при нагреве массивных слябов осуществляется в скоростных горелках, установленных на боковых стенах печи. Эти горелки немецкой фирмы Кромшродер требуют рабочего давления природного газа 30–40 мбар и давления воздуха 30 мбар. Указанные давления газа и воздуха обеспечивают высокую скорость выхода продуктов горения из горелки порядка 100–150 м/с. Для обеспечения низкотемпературного нагрева слябов до 520 °С требуется температура продуктов горения 600–550 °С. Поэтому для обеспечения таких температур необходимо применить вторичный воздух, разбавляющий первичные высокотемпературные продукты горения.

Продукты горения удаляются из рабочего пространства через канал, расположенный на входе печи и попадают в рекуператор, из которого далее удаляются в дымовую трубу. Конструкция печи представлена на рисунке 2.

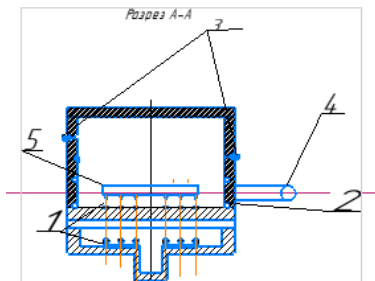


Рис. 2. Поперечный разрез печи на природном газе:

1 – конвейер; 2 – стенка печи; 3 – скоростная горелка ВИС (фирма Кромшродер); 4 – дымоудаление; 5 – алюминиевый сляб

Скоростная горелка показана на рисунке 3.

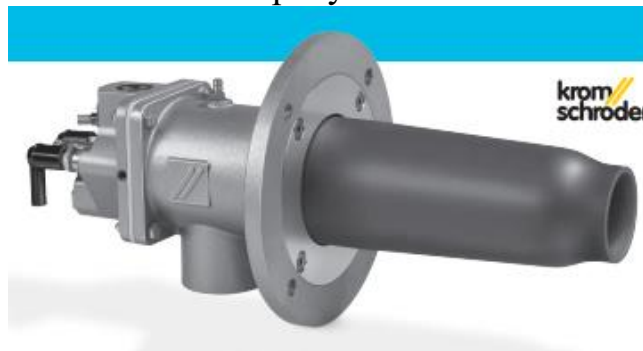


Рис. 3. Скоростная горелка ВИС

Результаты расчета тепловой работы газовой печи показаны в таблице 3.

Таблица 3

Тепловой баланс конвейерной печи, работающий на природном газе

Приход теплоты				Расход теплоты			
№	Статьи	кВт	%	№	Статьи	кВт	%
1	Химическая теплота топлива (Q_X)	4170	84,7	1	Затраты на нагрев слэбов ΔQ_M	2555	51,9
2	Физическая теплота первичного воздуха (Q_{B1})	309,684	6,3	2	Потери с отходящими газами (Q_2)	1137,427	23,1
3	Физическая теплота вторичного воздуха (Q_{B2})	443,461	9,0	3	Потери с конвейером печи ($Q_{конв}$)	783,824	15,9
				4	Потери с утечками из печи ($Q_{ут}$)	1,032	0,0
				5	Потери в окружающую среду теплопроводностью через футеровку печи и излучением (Q_5)	260,144	5,3
				6	Невязка	185,718	3,8
$Q_{Прих}$		4923,145	100,0	$Q_{Расх}$		4923,145	100

Основные показатели тепловой работы газовой печи приведены в табл. 4.

Таблица 4

Показатели тепловой работы газовой печи

Производительность, т/ч	18
Расход топлива, м ³ /с	0,12
Удельный расход топлива, кг условного топлива/т продукции	28,45
Общий удельный расход топлива	33,59
Коэффициент полезного действия (η), %	51,90
Коэффициент использования тепла ($\eta_{ит}$), %	76,9

Заключение. В ходе выполнения работы убрали вентиляторы, короб и калориферы, затем установили скоростные горелки для отопления конвейерной печи с сохранением основных размеров рабочего пространства и производительности.

Замена электрической энергии на природный газ позволяет снизить значительно затраты теплоты на единицу нагреваемого металла.

Список использованных источников

1. Теплотехнические расчеты металлургических печей: учебное пособие для студентов вузов / Б.Ф. Зобнин, М.Д. Казяев, Б.И. Китаев В.Г. Лисиенко, А.С. Телегин, Ю.Г. Ярошенко. Изд. 2-е. – М.: «Металлургия», 1982. – 360 с.
2. Конструирование и расчет сушильных печей и установок литейного производства: учебное пособие для вузов / Г.В. Воронов, С.Н. Гущин, М.Д. Казяев, Ю.В. Крюченков, В.М. Миляев. – Екатеринбург: УГТУ–УПИ, 2002. – 264 с.

УДК 536.4;66.045.12

Ю. А. Диканова, В. А. Микула, Е. В. Диканов

ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет

имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург, Россия

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ СИНТЕЗ-ГАЗА ДЛЯ ПГУ-ВЦГ С ОТВОДОМ ТЕПЛОТЫ К CO_2

Аннотация

Было проведено два предварительных варианта конструктивного теплового расчета охладителя синтез-газа для парогазовой установки с внутрицикловой газификацией твердого топлива с CO_2 в качестве нагреваемой среды. В качестве прототипа был выбран конвективный газоохладитель с мембранными трубными спиралями. Теплообменные элементы представляют собой вертикальные спиральные трубы, по которым течет CO_2 . Теплообменник набирается из вертикальных спиралевидных элементов разного диаметра, расположенных один внутри другого. Синтез газ течет по кольцевым каналам, образованным в радиальном направлении между спиралями.

Основными компонентами синтез-газа являются CO , H_2 , CO_2 , поэтому для упрощения алгоритма определения теплофизических параметров газа расчетный состав принят трехкомпонентным (CO , H_2 , CO_2), а процентное содержание остальных компонентов пропорционально распределено между этими тремя компонентами.

Полученные результаты не соответствуют поставленным целям. На следующем этапе ставится задача нахождения оптимального варианта, который позволил бы нагреть весь поток CO_2 , направляемый в газогенератор, до температуры 800°C обеспечив при этом минимальные затраты на прокачку CO_2 и синтез-газа через газоохладитель.

Ключевые слова: ПГУ-ВЦГ, конвективный газоохладитель, газоохладитель со спиральными нагревательными поверхностями.

Abstract

There were two preliminary constructive thermal calculation of the cooling of synthesis gas for IGCC with CO_2 as the heated environment. As a prototype, a convective gas cooler with membrane pipe spirals was chosen. The heat transfer elements are a vertical helical tubes through which flows of CO_2 . The heat exchanger is assembled from vertical helical elements of different diameters arranged one inside the other. Synthesis gas flows through the annular channels formed in the radial direction between the spirals.

The main components of synthesis gas are CO , H_2 , CO_2 , so to simplify the algorithm for determining the thermophysical parameters of the gas, the calculated composition is adopted as a three-component (CO , H_2 , CO_2), and the percentage of the remaining components is proportionally distributed between these three components.